

Searching PAJ

1/1 ページ

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-263742  
 (43)Date of publication of application : 17.09.2002

(51)Int.Cl. B21D 22/22  
 B30B 15/20  
 B30B 15/26

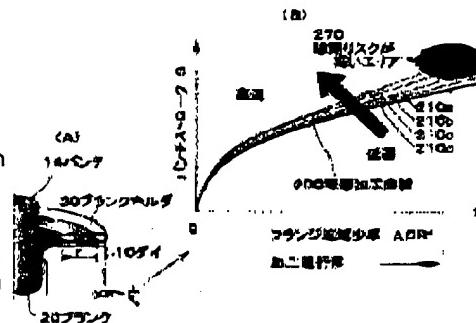
(21)Application number : 2001-073024 (71)Applicant : MANABE KENICHI  
 AIDA ENG LTD  
 (22)Date of filing : 14.03.2001 (72)Inventor : MANABE KENICHI  
 YOSHIHARA SHOICHIRO  
 KOYAMA HIROSHI

## (54) PRESS AND PRESSING METHOD FOR DEEP DRAWING

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a press for deep drawing capable of improving the productivity of an excellent formed body.

**SOLUTION:** The drawing speed of a punch is feedback-controlled based on a means for storing the basic data for fuzzy control as the database including an ideal working curve 200 which is obtained by performing the analysis to indicate the relationship between the retraction  $r$  of a blank 20 and the punch stroke  $S$ , and an evaluation function for relating the relationship between the actually obtained retraction of the blank and the punch stroke to the difference  $\Delta S$  between the actual working curve and the ideal working curve. An evaluation function which acquires the relationship between the actually measured retraction of the blank during the actual working and the punch stroke, identifies the basic data for fuzzy control adaptable to the blank from the database, obtains the actual time evaluation data related to the difference between the ideal working curve and the actual measurement data, and is included in the basic data identified to be the obtained actual time evaluation data.



JP,2002-263742,A [CLAIMS]

1/2 ページ

**\* NOTICES \***

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS****[Claim(s)]**

[Claim 1]In a press machine for deep drawing which makes punch speed change and carries out deep drawing of the machining object fixed with a die and a blank holder, Data of an ideal processing curve analyzed and called for so that correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke may be expressed, Valuation function data obtained from a valuation function related with a deviation of a survey processing curve showing correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke which are called for by survey, and said ideal processing curve, A means of processing conditions related with classification and classification of a machining object in basic data for \*\*\*\*\* fuzzy control to memorize as a database for one of every items at least, While acquiring a relation of the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke which were surveyed at the time of real working, Basic data for fuzzy control which suits the above-mentioned item of a machining object from the above-mentioned database is specified, It asks for actual time evaluation data related with a deviation of data of an ideal processing curve contained in specified basic data, and said data measuring, A control means which carries out feedback control of the diaphragm speed of the above-mentioned punch based on actual time evaluation data for which it asked, and valuation function data contained in specified basic data, \*\*\*\*\* — a press machine for deep drawing characterized by things.

[Claim 2]In Claim 1, said basic data for fuzzy control, It is put in a database for every classification of a machining object, and processing conditions, and said control means, A press machine for deep drawing specifying basic data for fuzzy control which suits classification and processing conditions of a machining object from the above-mentioned database, and performing feedback control for diaphragm speed of the above-mentioned punch.

[Claim 3]A press machine for deep drawing, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in Claim 1 and either of 2 in accordance with a fuzzy rule of inference created based on said valuation function.

[Claim 4]In either of the Claims 1-3, data of said valuation function, The 1st valuation function data obtained from the 1st valuation function showing a deviation of said survey processing curve and said ideal processing curve, The 2nd valuation function data obtained from the 2nd valuation function acquired by differentiating said 1st valuation function is included, A press machine for deep drawing, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in accordance with a fuzzy rule of inference created based on the said 1st and 2nd valuation function data.

[Claim 5]A press machine for deep drawing, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in either of the Claims 1-4 in accordance with a fuzzy rule of inference created based on the said 1st and 2nd valuation function data and a membership function using these.

[Claim 6]A press machine for deep drawing, wherein said ideal processing curve is called for by finite element analysis based on predetermined setups in either of the Claims 1-5.

[Claim 7]A deep drawing method characterized by comprising the following using a press machine which makes punch speed change and carries out deep drawing of the machining object fixed with a die and a blank holder.

JP,2002-263742,A [CLAIMS]

2/2 ページ

Data of an ideal processing curve analyzed and called for so that correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke may be expressed.

Valuation function data obtained from a valuation function related with a deviation of a survey processing curve showing correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke which are called for by survey, and said ideal processing curve.

[Claim 8]In Claim 7, said basic data for fuzzy control, A deep drawing method being put in a database for every classification of a machining object, and processing conditions, specifying basic data for fuzzy control which suits classification and processing conditions of a machining object from the above-mentioned database, and performing feedback control for diaphragm speed of the above-mentioned punch.

[Claim 9]A deep drawing method, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in Claim 7 and either of 8 in accordance with a fuzzy rule of inference created based on said valuation function.

[Claim 10]In either of the Claims 7-9, said valuation function, The 1st valuation function data obtained from the 1st valuation function showing a deviation of said survey processing curve and said ideal processing curve, The 2nd valuation function data obtained from the 2nd valuation function acquired by differentiating said 1st valuation function is included, A deep drawing method, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in accordance with a fuzzy rule of inference created based on the said 1st and 2nd valuation function data.

[Claim 11]A deep drawing method, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in either of the Claims 7-10 in accordance with a fuzzy rule of inference created based on the said 1st and 2nd valuation function data and a membership function using these.

[Claim 12]A deep drawing method, wherein said ideal processing curve is called for by finite element analysis based on predetermined setups in either of the Claims 7-11.

---

[Translation done.]

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

1/10 ページ

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION****[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]**This invention relates to the press machine and method for deep drawing of carrying out deep drawing of the machining object fixed with the die and the blank holder.

**[0002]**

**[Background Art and Problem(s) to be Solved by the Invention]**The blank which is a machining object as a deep drawing method [ former ] using a press machine. The technique of fabricating a blank to cylindrical shape, for example is known by descending and raising a punch, fixing (for example, a tabular aluminum material) with the die and blank holder of a press machine, and giving blank holder power to a blank holder.

[0003]When performing such deep drawing, in order to improve the productivity, it is necessary to make punch speed of a press machine quick but, and if punch speed is raised, the possibility of generating of a fracture of a machining object will increase and the problem that processing becomes difficult will occur.

[0004]Therefore, in the conventional deep drawing, since that a fracture does not occur was performing press working of sheet metal in the guaranteed speed range, when improving productivity, there was a limit.

[0005]Although punch speed was made to change and examination of the technique which carries out deep drawing was also performed, In this kind of conventional technique, since a risk of a fracture occurring avoided the conditions theoretically considered to be high and was carrying out variable control of the punch speed, the operation for speed control became complicated and, moreover, there was a problem that the productivity of mold goods could not be improved more.

[0006]This invention is made in view of such SUBJECT, and the purpose is to provide the press machine and method for deep drawing of improving the productivity of good mold goods.

**[0007]**

**[Means for solving problem]**(1) In order to attain said purpose, this invention equips with the following the press machine for deep drawing which makes punch speed change and carries out deep drawing of the machining object fixed with the die and the blank holder.

Data of an ideal processing curve analyzed and called for so that correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke may be expressed.

Valuation function data obtained from the valuation function related with the deviation of the survey processing curve showing correlation with the amount of drawing in of a machining object and punch stroke which are called for by survey, and said ideal processing curve.

A means of the processing conditions related with the classification and classification of a machining object in the included basic data for fuzzy control to memorize as a database for one of every items at least, While acquiring the relation of the amount of drawing in of a machining object and punch stroke which were surveyed at the time of real working, The basic data for fuzzy control which suits the above-mentioned item of a machining object from the above-mentioned database is specified, The control means which asks for the actual time evaluation data related with the deviation of the data of the ideal processing curve contained in the

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

2/10 ページ

specified basic data, and said data measuring, and carries out feedback control of the diaphragm speed of the above-mentioned punch based on the actual time evaluation data for which it asked, and the valuation function data contained in the specified basic data.

[0008]In the deep drawing method using the press machine with which the deep drawing method of this invention makes punch speed change, and carries out deep drawing of the machining object fixed with the die and the blank holder, The data of an ideal processing curve analyzed and called for so that correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke may be expressed, The valuation function data obtained from the valuation function related with the deviation of the survey processing curve showing correlation with the amount of drawing in of a machining object and punch stroke which are called for by survey, and said ideal processing curve. The basic data for \*\*\*\*\* fuzzy control is remembered as a database that there are few processing conditions related with the classification and classification of a machining object for one of every items, While acquiring the relation of the amount of drawing in of a machining object and punch stroke which were surveyed at the time of real working, The basic data for fuzzy control which suits the item of a machining object from the above-mentioned database is specified, Ask for the actual time evaluation data related with the deviation of the data of the ideal processing curve contained in the specified basic data, and said data measuring, and based on the actual time evaluation data for which it asked, and the valuation function data contained in the specified basic data, Feedback control of the diaphragm speed of the above-mentioned punch is carried out.

[0009]A program for deep drawing to which this invention is applied, Data of an ideal processing curve analyzed and called for so that correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke may be expressed, Valuation function data obtained from a valuation function related with a deviation of a survey processing curve showing correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke which are called for by survey, and said ideal processing curve, Basic data for \*\*\*\*\* fuzzy control based on data of a database of processing conditions related with classification and classification of a machining object built for one of every items at least, . Make a computer control a press machine to make punch speed change and to carry out deep drawing of the machining object fixed with a die and a blank holder, While acquiring a relation of the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke which are the programs which can be read and were surveyed by said computer at the time of real working, It asks for actual time evaluation data which related basic data for fuzzy control which suits an item of a machining object from the above-mentioned database with a deviation of data of an ideal processing curve which specifies and is contained in specified basic data, and said data measuring, Based on actual time evaluation data for which it asked, and valuation function data contained in specified basic data, a control means which carries out feedback control of the diaphragm speed of the above-mentioned punch is realized.

[0010]As for said program, it is preferred to memorize to the storage in which computer reading is possible.

[0011]As for a machining object, in here, the classification is specified by material and other classification conditions, for example.

[0012]As said processing conditions, there are conditions of the board thickness of material, a size, working temperature, lubricant, blank holder power, tool shape, and others, etc., for example.

[0013]According to this invention, it asks beforehand for the basic data for fuzzy control that there are few processing conditions related with the classification and classification of a machining object for one of every items, and this is memorized as a database.

[0014]Said basic data for fuzzy control is constituted including the data and valuation function data of an ideal processing curve.

[0015]An ideal processing curve is called for here by the finite element analysis based on predetermined setups (for example, board thickness unchangeability, volume regularity, etc.), for example, and correlation with the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke is expressed.

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

3/10 ページ

[0016]A survey processing curve is called for by survey and expresses correlation with the amount of drawing in of a machining object, and a punch stroke. For example, punch speed is made into a parameter, and if it asks for two or more survey processing curves, gathering gradually the speed which is a parameter, when it becomes upper limit with speed, before processing of a machining object is completed, a fracture will occur in a machining object. In this invention, the survey processing curve obtained considering the speed at this time as a parameter may be used as a survey processing curve here.

[0017]A valuation function for fuzzy control is used as a valuation function about a fracture, and, specifically, is searched for as a function related with a deviation of said survey processing curve and an ideal processing curve. Valuation function data is called for as the minimum and the maximum of a valuation function, for example.

[0018]And in this invention, when actually processing a machining object, a sensor etc. are used, relation between the amount of drawing in of a machining object and a punch stroke is measured in real time, and this measurement data is acquired.

[0019]And from said database, basic data for fuzzy control which suits an item of a machining object is specified, and feedback control of the punch speed is carried out using specified basic data for fuzzy control, and said data measuring.

[0020]It asks for actual time evaluation data related with a deviation of data of an ideal processing curve specifically contained in specified basic data, and surveyed data in real time.

[0021]And based on actual time evaluation data for which it asked, and said valuation function included in basic data for fuzzy control, feedback control of the diaphragm speed of a punch is carried out.

[0022]When carrying out deep drawing of the machining object by adopting the above composition according to this invention, Without making a machining object fracture, feedback control of the punch speed can be carried out to the optimal speed so that the productivity may be improved, and it becomes possible to realize deep drawing which improved the productivity of good mold goods.

[0023]Since the feedback control of the diaphragm speed of a punch can be especially carried out to the optimal speed doubled with the processing conditions except the diaphragm speed of the punch which was related with the classification of a machining object, and classification, and which was mentioned above according to this invention. It becomes possible to realize deep drawing using the press machine which can improve the productivity of good mold goods, without being influenced by a worker's level of skill etc.

[0024](2) In this invention said basic data for fuzzy control, It is put in a database for every classification of a machining object, and processing conditions, said control means specifies the basic data for fuzzy control which suits the classification and processing conditions of a machining object from the above-mentioned database, and feedback control is performed for the diaphragm speed of the above-mentioned punch.

[0025]Thus, by putting the basic data for fuzzy control in a database in the classification of a machining object, and every processing conditions (except for the diaphragm speed of a punch), Even when the classification of a machining object differs, and even when the processing conditions differ, the optimal fuzzy control basic data can be chosen and feedback control of the diaphragm speed of a punch can be carried out to the optimal speed doubled with the classification concerned and processing conditions.

[0026]In particular, according to this invention, when performing a various kind and low production, it becomes possible to produce these products efficiently, without spoiling the quality.

[0027](3) In this invention, said feedback control is performed by fuzzy reasoning in accordance with a fuzzy rule of inference created based on said valuation function data.

[0028]As the technique of feedback control performed by such fuzzy reasoning, various kinds of techniques are employable if needed.

[0029]For example, as one of such the techniques said valuation function data, The 1st valuation function data obtained from the 1st valuation function showing a deviation of said survey processing curve and said ideal processing curve. The 2nd valuation function data obtained from

## JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

4/10 ページ

the 2nd valuation function acquired by differentiating said 1st valuation function is included. A technique, wherein said feedback control is performed by fuzzy reasoning in accordance with a fuzzy rule of inference created based on the said 1st and 2nd valuation function data may be adopted. The minimum of the 1st and 2nd valuation function and the maximum may be used as 1st and 2nd valuation function data here, for example.

[0030]How said feedback control is performed by fuzzy reasoning in accordance with a fuzzy rule of inference created based on the said 1st and 2nd valuation function data and a membership function using these may be adopted.

[0031]

[Mode for carrying out the invention]Next, an embodiment of the invention is described in detail based on Drawings.

[0032](1) An outline of a press machine for deep drawing concerning this embodiment is shown in the schematic view 1 of a press machine. A press machine of this embodiment forms a container of bottoming using the blank 20 which is the machining object formed in tabular, and, specifically, is constituted including the die 10 which has the predetermined die hole 12, and the punch 14.

[0033]And holding fixing of said blank 20 is carried out by the desired blank holder power H on the die 10 with the blank holder 30.

[0034]In this state, as shown in drawing 1 (A), (B), and (C), by descending the punch 14 at the given diaphragm speed V, along with form of the die hole 12, deep drawing of the blank 20 is carried out to cup form, and mold goods which carried out cup form are generated.

[0035]If the diaphragm speed V of the punch 14 is low at this time, productive efficiency of mold goods will become low. For this reason, it is preferred to set up the diaphragm speed V of the punch 14 as highly as possible within limits which a fracture does not generate in the blank 20 in the middle of processing.

[0036]At the time of actual processing of the blank 20, the feature of this embodiment carries out real-time measurement of the amount r of drawing in and the punch stroke S of the blank 20, and there is in carrying out feedback control of the diaphragm speed V of the punch 14 using the technique of fuzzy reasoning based on this measured value.

[0037]By this embodiment, beforehand especially for every kind of blank 20, and processing conditions. Create basic data for fuzzy control, and this is put in a database and memorized. According to a kind and processing conditions of the blank 20 which are actually processed, optimal basic data for fuzzy control is read, and without making the blank 20 generate a fracture using this, composition which carries out feedback control of the diaphragm speed V of a punch is adopted so that deep drawing may be realized efficiently.

[0038]A comparative example of the speed-control characteristic of a press machine concerning this embodiment and the speed-control characteristic of a press machine using the conventional technique is shown in drawing 3.

[0039]In the figure, a horizontal axis draws the grade of advance of the spinning of the blank 20. expresses it as a function of the quantity r, and specifically, As shown in drawing 4 (A), the ratio of the amount r of drawing in of the blank 20 from a spinning start and the radius Rp of the punch 14 was defined as  $\Delta DR^* = r/R_p$ , and the value is indicated.

[0040]A vertical axis expresses the spinning speed V of the punch 14 corresponding to  $\Delta DR^*$ .

[0041]Among a figure, the field surrounded with the alternate long and short dash line shown by 100 expresses the area where the danger that a fracture will occur to the blank 20 is high at the time of the spinning to the blank 20, and this is called fracture marginal area on analysis.

[0042]The punch speed V is set up in the technique of setting the conventional punch diaphragm speed V constant to indicate that the fracture marginal area 100 on this analysis is avoided in [110a] a figure. That is, the punch speed V is set as the upper limit which avoided this marginal area 100, and it considers so that the productive efficiency of a work may be raised.

[0043]If the punch speed V is set to the value more than this upper limit 110a, for example, a value as shown in [110b] a figure, in the part shown by intermediate x seal in a figure at the

## JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

5/10 ページ

time of spinning, a fracture will occur in the blank 20 under processing.

[0044]On the other hand, in [ if feedback control of the punch speed using the technique of the fuzzy reasoning of this embodiment is performed ] the origin of the same processing conditions to the same blank 20, Even when variable control of the diaphragm speed V of a punch was able to be carried out as shown in 120 in a figure, and the punch speed V moreover took the value in the fracture marginal area 100 on analysis in this way, it was checked that spinning shaping is possible good without making the blank 20 actually fracture.

[0045][ thus, / in the fracture marginal area 100 on the analysis which according to the technique of this embodiment had to be avoided in order to avoid the fracture under spinning of the blank 20 conventionally ]. By carrying out feedback variable control using the technique of the fuzzy reasoning which mentions the punch speed V later, It becomes possible to raise the productive efficiency, maintaining [ having checked that the blank 20 could be produced efficiently and good, therefore ] the quality of a pressed part according to this embodiment, without generating a fracture.

[0046]In particular, in the technique of this embodiment, even when producing a wide variety of a pressed part in limited amounts, high productive efficiency can realize this limited production with a wide variety by using the basic data for fuzzy control which suited the classification and processing conditions of the blank 20 to be used, maintaining quality.

[0047](2) Explain the principle for the fuzzy control of this embodiment below to the principle for the fuzzy control of this embodiment.

[0048]Changing the classification and processing conditions of the blank 20 which are a machining object first. It asks for the basic data for fuzzy control for every classification of a machining object, and processing conditions, and the technique of putting this in a database is explained, next this database is used and the technique of actually carrying out processing shaping of the machining object is explained.

[0049](Construction of a database) For every classification of the blank 20 which is a machining object, spinning control of the blank 20 concerned is carried out by those processing conditions, and the basic data for fuzzy control is generated using the technique of the data obtained at this time, and finite element analysis. The classification and processing conditions of the blank 20 are changed, generation of such basic data for fuzzy control is performed repeatedly, and this is put in a database.

[0050]The 1st step of the board thickness and volume are first assumed to be fixed to the blank 20 of the target classification. And it asks for the ideal processing curve 200 shown in drawing 5 (A) using the technique of finite element analysis (FEN) by making parameter deltaDR\* and the punch stroke S to the inflow r from a flange end of the blank 20 at the time of deep drawing into a variable.

[0051]Here, deltaDR\* is the parameter which formed inflow (the amount of drawing in) r from a flange end of the blank 20 into the-less dimension by radius R<sub>P</sub> of the punch 14, as shown in drawing 4 (A).

[0052]As shown in the 2nd step, next drawing 4 (B), drawing processing of the blank 20 is actually carried out at the fixed punch speed V, and it asks for the survey processing curve 210 showing correlation with deltaDR\* at this time, and the punch stroke S. This survey processing curve 210 is the data measuring showing a relation of deltaDR\* and the punch stroke S at the time of fixing punch speed V and carrying out deep drawing. This survey processing curve 210 asks for two or more speeds V as a parameter.

[0053]The more it makes punch speed V high, the more a survey processing curve separates from the ideal processing curve 200 so that it may express with 210a, 210b, 210c, and 210d.

[0054]In drawing 4 (B), 270 expresses an area where a risk of a fracture occurring in the blank 20 at the time of spinning of the blank 20 is high. Therefore, by making punch speed V into a parameter, if the speed V which is this parameter is gathered gradually and it asks for the survey processing curve 210, when it will reach upper limit with the spinning speed V, before processing shaping is completed, a fracture occurs in the blank 20. The survey processing curve 210

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

6/10 ページ

obtained considering the speed V at this time as a parameter is used as the survey processing curve 230 for searching for the 1st valuation function phi, as shown in drawing 5 (A).

[0055]As shown in 3rd step drawing 5 (A), it asks for the deviation phi of the ideal processing curve 200 for which it asked in said 1st step, and the survey processing curve 230 for which it asked in the 2nd step as the 1st valuation function phi that shows the danger of a fracture.

[0056]And when the minimum of this valuation function phi is calculated as phia and the punch stroke S is enlarged according to the survey processing curve 230, the valuation function phi in the position of the fracture generating point 272 which a fracture generates in the blank 20 is searched for as phib.

[0057]In this embodiment, phia and phib which are obtained from this 1st valuation function phi are defined as the 1st valuation function data.

[0058]And input-side membership function muphi for evaluating the fracture danger shown in drawing 5 (C) and drawing 6 (A) based on 1st valuation function data phia that was carried out in this way and calculated, and phib is generated, and the fracture later mentioned using this membership function muphi is evaluated.

[0059]Further, in order to raise the reliability of evaluation, it asks for differential value phi' of the 1st valuation function phi calculated in the 3rd step mentioned above as the 2nd valuation function, and asks for minimum phi'a and maximum phi'b of the differential value phi' further, and the 4th step of these are defined as the 2nd valuation function data.

[0060]and -- such -- carrying out -- having asked -- the -- two -- a valuation function -- data -- phi'a -- phi'b -- being based -- drawing 5 -- ( -- C -- ) -- drawing 6 -- ( -- B -- ) -- being shown -- a fracture -- danger -- evaluating -- a sake -- an input side -- a membership function -- mu -- phi -- ' -- generating -- this -- using -- a fracture -- evaluation -- carrying out .

[0061]This danger increases, so that the valuation function phi becomes large, and a time of being in agreement with phib serves as the danger maximum. Conversely, when in agreement with phia, danger serves as the minimum.

[0062]Punch speed under processing means whether it is changing in which direction of a direction with high fracture danger (the direction of phib), or a low direction (the direction of phia), differential-components phi' of phi becomes the danger maximum when phi' is in agreement with phib', and a time of being in agreement with phia' serves as the danger minimum.

[0063]This embodiment can estimate more correctly the danger of a fracture of the blank 20 at the time of real working by performing evaluation which combined the membership function shown in drawing 6 (A) (or drawing 5 (C)), and the membership function shown in drawing 6 (B) (or drawing 5 (C)).

[0064]In order to make an understanding easy, a membership function is illustrated, respectively to drawing 5 (C), drawing 6 and drawing 7 (A), and drawing 8, but these contents are fundamentally the same.

[0065]the 5th step -- above -- the 1- the ideal processing curve 200 for which it asked in the 4th step, and the 1st valuation function phi. The 1st valuation function data showing minimum phia and maximum phib, the 2nd valuation function phi', Data for generating each membership function muphi and muphi' from the 2nd valuation function data as for which minimum phi'a reaches and that expresses maximum phi'b, these [ 1st ], and the 2nd valuation function data as basic data for fuzzy control, It memorizes to the memory measure 40 which is related with classification and processing conditions of the blank 20, is put in a database, and is shown in drawing 2.

[0066]As mentioned above, the database built based on the data which was carried out in this way, and for which carried out by repeating processing of the 1st - the 5th phase, changed the processing conditions and asked for the basic data for fuzzy control every blank 20 of various materials, and it asked is beforehand memorized to the memory measure 40.

[0067]The fuzzy rule of inference for feeding back the diaphragm speed V of the punch 14 is explained using the basic data for fuzzy control matched for every classification of a (fuzzy rule of inference), next the blank 20 for which it asked as mentioned above, and processing conditions at the time of actual processing.

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

7/10 ページ

[0068]The basic data for fuzzy control matched with the classification and processing conditions of the blank 20 which are actually processed is read from the database memorized by the 1st step memory measure 40, drawing 7 -- (A) -- (drawing 6 -- (A) -- (B) --) -- being shown -- the one -- a valuation function -- being based -- a membership function mu -- phi -- the two -- a valuation function -- being based -- an input side -- a membership function mu -- phi -- preparing.

[0069]As shown in drawing 1 according to the processing conditions, when actually carrying out spinning of the 2nd step blank 20, real-time measurement of the amount r of drawing in of the punch stroke S shown in drawing 4 (A) and the blank 20 is carried out.

[0070]And the punch stroke S on the ideal processing curve 200 which calculated the amount r of drawing in, and radius R<sub>P</sub> to  $\Delta DR^* = r/R_P$  of the punch 14, and was matched with this operation value  $\Delta DR^*$ . It asks for the deviation phi with the punch stroke S obtained by survey as the 1st actual time evaluation data.

[0071]It asks for differential value phi' of this 1st actual-time-evaluation-data phi as the 2nd actual time evaluation data.

[0072]the three -- a step -- drawing 7 -- (B) -- \*\*\*\* -- such -- carrying out -- having asked -- actual time evaluation data -- phi -- phi' -- from -- a punch -- a diaphragm -- speed -- V -- variation -- delta -- V -- presuming -- If-then -- a rule -- being shown -- having -- \*\*\*\*.

[0073]In drawing 7 (B), left-hand side if (phi, phi') expresses an input condition of this fuzzy rule of inference, right-hand side then ( $\Delta V$ ) expresses that output, and that value is specifically reflected in an output of a membership function for output controls of drawing 7 (C).

[0074]For example, a case where it is phi and phi' as the 1st and 2nd actual time evaluation data called for by survey shows to drawing 8 is assumed. In this case, area of an input-side membership function of an if-then rule shown in drawing 7 (B) is determined. As shown in drawing 8, specifically, area of a triangle of 300-1 of actual-time-evaluation-data phi, input-side membership function mu<sub>phi</sub> specified by phi', and mu<sub>phi'</sub>. 300-2, 300-3, and 300-4 is determined as A<sub>phiL</sub>, A<sub>phiS</sub>, A<sub>phi'L</sub>, and A<sub>phi'S</sub>.

[0075]The area of the 4th step, next each partial fuzzy set (A<sub>phiL</sub>, A<sub>phi'L</sub>, A<sub>phiS</sub>, A<sub>phi'S</sub>) which is the area of three square shapes each determined as mentioned above is computed, and according to an if-then rule, as shown in drawing 9, it substitutes for the membership function for output-value determination.

[0076]That is, the area of the input-side membership function shown in drawing 8 is substituted for the output side membership function shown in drawing 9. In drawing 9, the substitution area of  $\Delta V_{LL}$  of the membership function for output-value determination,  $\Delta V_{LS}$ ,  $\Delta V_{SL}$ , and  $\Delta V_{SS}$  serves as a field shown by 400-1, 400-2, 400-3, and 400-4.

[0077]The area of these each field 400-1, 400-2, 400-3, and 400-4 is A<sub>LL</sub>, A<sub>LS</sub>, A<sub>SL</sub>, and A<sub>SS</sub>.

[0078]Specifically, it is expressed with the following formulas.

$A_{LL} = A_{phiL} + A_{phi'L}$   $A_{LS} = A_{phiL} + A_{phi'S}$   $A_{SL} = A_{phiS} + A_{phi'L}$   $A_{SS} = A_{phiS} + A_{phi'S}$  [0079]Next, it asks for control value  $\Delta V$  of punch speed with a method of elastic center from the partial fuzzy set (area of the area 400-1 to 400-4) substituted for the membership function for output-value determination.

[0080]According to this embodiment, the area a and the center of gravity g of each area 400-1 to 400-4 of the membership function for output-value determination shown in drawing 9 are searched for, and it asks for the centroid position of this area 400 by an operation as variable quantity  $\Delta V$  of the speed V by which feedback control is carried out based on a following formula.

[0081] $\Delta V = \sigma a_n g_n / \sigma a_n$  ( $a_n = A_{LL} * A_{LS} * A_{SL} * A_{SS}$ )

[0082]The area of the field where a<sub>n</sub> divided arbitrarily the partial fuzzy set of the membership function for output-value determination, and g<sub>n</sub> show the center of gravity of the field.

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

8/10 ページ

[0083]deltaV which was carried out in this way and for which it asked the 5th step expresses the variation for obtaining the optimal punch diaphragm speed V that does not cause a fracture, while actually carrying out deep drawing of the blank 20.

[0084]Therefore, deep drawing can be efficiently done at the optimal speed, without generating a fracture, as drawing 3 shown in 120 by carrying out feedback control of the diaphragm speed of the punch 14 only for variation delta V minutes by which did in this way and fuzzy reasoning was carried out in real time.

[0085]Also [ in the fracture marginal area 100 on the analysis which was not able to be used in particular by the constant speed control of the conventional punch speed ], according to this embodiment, it becomes possible to perform deep drawing of the blank 20, without generating a fracture.

[0086]As this shows drawing 6 (A) and (B) mentioned above, only not only in phi as actual time evaluation data which expresses danger of a fracture during actual processing, It originates in generating an input-side membership function using this differential value phi', also presuming a trend of danger of a fracture, and adopting the technique of determining feedback amount deltaV of punch speed. By this, when the punch speed V is set as a fixed value, punch speed in the fracture marginal area 100 on cut nothing profitable analysis can be realized. and the productivity of spinning can be improved compared with the former.

[0087](3) A functional block diagram of composition for carrying out feedback control of the diaphragm speed V of a punch is shown in configuration block figure drawing 2 of an important section of a press machine using a principle mentioned above.

[0088]The press machine of this embodiment is constituted including the sensor group 60 which performs the Measurement Division in various portions, the actuator group 70 which drives various portions, the control means 50, and the memory measure 40.

[0089]Said sensor group 60 is constituted including the punch stroke sensor 60a, the punch velocity sensor 60b, the blank holder power sensor 60c, the amount sensor 60d of drawing in, and other sensors.

[0090]As the punch stroke sensor 60a is shown in drawing 4 (A), the stroke S which is the movement magnitude from the initial position of the punch 14 is detected, and the punch velocity sensor 60b is constituted so that descent and climbing speed of the punch 14, especially the diaphragm speed V of the punch at the time of real working may be measured.

[0091]The blank holder power sensor 60c measures the blank holder power H of holding the blank 20 between the dies 10, and the blank holder 30 the amount sensor 60d of drawing in, Drawing 1 (A) In a series of spinning processes shown in - (C), for what distance the blank 20 was drawn by the spinning of the punch 14 from the initial position of the state before processing shown in drawing 1 (A) draws, and the quantity r is measured. As shown in drawing 4 (A), specifically, real-time measurement of the amount r of drawing in from the state before processing is carried out.

[0092]The actuator group 70 is constituted including two or more actuators which drive each part of a press machine, and specifically, it is constituted so that generating of the blank holder power H by the blank holder 30, a rise of the punch 14, descent, the speed control accompanying this, and the drive of other various kinds may be performed.

[0093]As mentioned above, in the memory measure 40, the basic data for fuzzy control created for every classification of the blank 20 which is a machining object, and processing conditions puts in a database, and is memorized.

[0094]The control means 50 reads the basic data for fuzzy control which suits the classification and processing conditions of the blank 20 concerned from the database memorized by the memory measure 40 at the time of the spinning of the actual blank 20. Feedback control is carried out in accordance with the technique of the fuzzy reasoning which mentioned above the diaphragm speed V of the punch 14 based on the amount r of drawing in of this read basic data for fuzzy control, the punch stroke S by which real-time measurement is carried out by said sensors 60a and 60d, and the blank 20.

[0095]For this reason, the control means 50 of this embodiment is constituted so that it may function as the basic data specifying means 52, the actual-time-evaluation-data calculating

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

9/10 ページ

means 54, and the feedback control means 56.

[0096]An operation flow chart of spinning equipment of this embodiment is shown in drawing 10.

[0097]As shown in drawing 1 using a press machine of this embodiment, in carrying out spinning of the blank 20, First, while an operator specifies classification (for example, material) of the blank 20 which serves as a machining object in advance of processing (ST10), processing conditions of the blank 20 concerned are specified (ST11).

[0098]Such classification and an input of processing conditions may be displayed as a selection picture on a display, and they may constitute an operator, for example so that it may carry out by choosing this on a screen suitably.

[0099]If classification and processing conditions of the blank 20 are inputted, the control means 50 will function as the basic data specifying means 52, and will read basic data for fuzzy control which suited these classification and processing conditions from a database of the memory measure 40 (ST12).

[0100]After such a series of processings are completed, the control means 50, Movement for spinning of the punch 14 is made to start (ST13), fuzzy reasoning is performed (ST15), and they are repeatedly performed until it judges a series of processings in which feedback control of the diaphragm speed V of the punch 14 is carried out (ST16) to be the ends of processing by ST14.

[0101]And when it is judged as an end of processing, the punch 14 is suspended (ST17), rise evacuation of the punch is carried out after that (ST18), and when it returns to a predetermined reference position, a series of spinning is ended.

[0102]In here, it functions as the feedback control means 56, and the control means 50 performs processing of a series of said ST13, ST16, and ST17 grade by driving the actuator group 70.

[0103]Drawing 11 expresses details of fuzzy reasoning of ST15 mentioned above.

[0104]This processing of a series of is performed when the control means 50 functions as the actual-time-evaluation-data calculating means 54 and the feedback control means 56.

[0105]First, the punch stroke S and real-time measured value of the amount r of drawing in of the blank 20 are acquired from the sensors 60a and 60d (ST30), and 1st and 2nd actual-time-evaluation-data phi and phi' is computed from a deviation of the ideal processing curve 200 and data measuring (ST31). And it asks for area  $A_{\phi i L}$  of a partial fuzzy set of an input-side membership function,  $A_{\phi i S}$ ,  $A_{\phi i' L}$ , and  $A_{\phi i' S}$ , using actual-time-evaluation-data phi and phi' as an input value of membership function m $\phi i$  of an input side, and m $\phi i'$  (ST32).

[0106]And a judging process based on an if-then rule shown in drawing 7 (B) is performed (ST33), Processing which substitutes for an output side membership function area ( $A_{\phi i L}$ ,  $A_{\phi i' L}$ ,  $A_{\phi i S}$ ,  $A_{\phi i' S}$ ) of each partial fuzzy set of an input-side membership function mentioned above according to this judgment rule as shown in drawing 9 is performed (ST34).

[0107]And the centroid position G of the substitution area 400 of the membership function for output-value determination shown in drawing 9 is pinpointed, and it asks for deviation deltaV of this centroid position G and reference position as variation deltaV of punch speed (ST35).

[0108]In ST16 shown in drawing 10, feedback control is performed so that only the variation deltaV which carried out diaphragm speed V of the punch in this way, and asked for it may be changed.

(Verification of this embodiment)

[0109]Next, the verification experiment of the result at the time of performing deep drawing with the application of this embodiment was conducted. The details are explained below.

[0110]The outline of the processing equipment used for this experiment is shown in drawing 12 (A), and the size data of the equipment used for the experiment is shown in the figure (B).

[0111]Here, a cold rolled steel plate of 0.7 mm of board thickness was used as the blank 20.

[0112]The mechanical property of this steel plate is shown in drawing 13.

[0113]A contraction ratio showing a size of the blank 20 was set to 2.58. Lubricant applied dry type fluoride lubricant of a spray type which cannot be easily influenced by speed.

[0114]Drawing 3 expresses data measuring at the time of carrying out feedback control of the punch diaphragm speed V using the technique of fuzzy control of this embodiment in a basis of

JP,2002-263742,A [DETAILED DESCRIPTION]

10/10 ページ

such an experimental condition. 120 in a figure is the data measuring at this time.

[0115]The punch speed V by which feedback control is carried out. Speed at the time of a processing start was low, in early stages of processing, speed increased to 130 mm/min rapidly, and exceeded condition 150 mm/min fractured with constant speed from the middle of processing to the second half, it increased up to about 330 mm/min, and spinning was successful.

[0116]Distortion of the minimum board thickness in a punch mold part of a deep-drawing container formed by experiment is shown in drawing 14. Compared with measured value at the time of carrying out deep drawing of the punch diaphragm speed as constant value of 150 mm/min and 125 mm/min, like this embodiment so that this experimental result may also show, When variable speed control of the punch diaphragm speed was carried out by feedback control, being improved so that the distortion may become small substantially was checked.

[0117]Contrast with floor to floor time at the time of carrying out deep drawing of the punch diaphragm speed V with constant speed of 125 mm/min and floor to floor time at the time of carrying out feedback control and carrying out variable speed control like this embodiment, using the technique of fuzzy reasoning, is shown in drawing 15. It was checked that the floor to floor time had been substantially shortened from the figure compared with a case where a way of variable speed control of this embodiment carries out deep drawing by floor to floor time of constant speed. In this experiment, it was checked that floor to floor time has specifically been shortened 22%.

[0118]As mentioned above, it was checked by using a system of this embodiment and carrying out the fuzzy adaptive control of the working speed of a punch at the time of deep drawing that product precision is raised and shortening of floor to floor time can be aimed at.

[0119]This invention is not limited to said embodiment and various kinds of modification implementation is possible for it within the limits of a summary of this invention.

[0120]For example, the blank holder power H of a blank holder of receiving blank may be applied to one of the processing conditions, and two or more basic data for fuzzy control at the time of changing this blank holder power may be prepared beforehand. and it may constitute so that this may be put in a database and it may memorize to a memory measure.

[0121]Even when carrying out variable speed control of the diaphragm speed of a punch to the same blank by this, changing blank holder power, it becomes possible to carry out feedback control of the value to more nearly optimal value.

[0122]Although said embodiment explained taking the case of a case where a control means is formed as hardware, This invention uses not only this but a computer general-purpose as a control means, A program for operating this computer as said control means, A program for making it specifically function as means, such as a basic data specifying means, an actual-time-evaluation-data calculating means, and a feedback control means, is memorized to a storage, and it may constitute so that a computer may be operated as a control means based on this program.

[0123]In this case, the database memorized by the memory measure may be formed so that it may store in a memory measure which may form so that it may store in the same memory measure as a program, and is different, respectively.

---

[Translation done.]

JP,2002-263742,A [DESCRIPTION OF DRAWINGS]

1/2 ページ

**\* NOTICES \***

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

**DESCRIPTION OF DRAWINGS****[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1]The figure (A) – (C) is an outline operation explanatory view of the important section of the press-working-of-sheet-metal machine which performs a series of deep drawing.

[Drawing 2]It is a functional block diagram of the control mechanism of the punch diaphragm speed in the press machine of this embodiment.

[Drawing 3]It is an explanatory view showing the relation between flange end percentage reduction and punch speed.

[Drawing 4]The figure (A) is an explanatory view of the blank amount of drawing in at the time of deep drawing.

The figure (B) is an explanatory view of the relation between flange end percentage reduction and a punch stroke.

[Drawing 5]The figure (A) is an explanatory view showing the relation between an ideal curve and a survey processing curve.

The figure (B) is an explanatory view of the maximum of a valuation function, and the minimum.

[Drawing 6]It is an explanatory view of an input-side membership function.

[Drawing 7]The figure (A) is an explanatory view of an input-side membership function.

The figure (B) is an explanatory view of the if-then rule of fuzzy reasoning, and the figure (C) is an explanatory view of an output side membership function.

[Drawing 8]It is an explanatory view of the input-side membership function by which the fracture danger at the time of inputting real evaluation data is evaluated.

[Drawing 9]It is the explanatory view of the output side membership function by which fracture danger is evaluated which substituted the area of the input-side membership function.

[Drawing 10]It is a flow chart figure showing an example of operation of the press device of this embodiment.

[Drawing 11]It is an operation flow chart figure of the fuzzy reasoning of this embodiment.

[Drawing 12]They are a press machine used for an experiment, and an explanatory view of the size.

[Drawing 13]It is an explanatory view of a blank material property value used for an experiment.

[Drawing 14]It is an explanatory view of the actual measurement of the minimum board thickness distortion at the time of deep drawing.

[Drawing 15]It is a comparison explanatory view of the floor to floor time at the time of controlling punch speed by the case where variable speed control is carried out, and constant speed.

**[Explanations of letters or numerals]**

10 Die

14 Punch

20 Blank

30 Blank holder

JP,2002-263742,A [DESCRIPTION OF DRAWINGS]

2/2 ページ

40 Memory measure  
50 Control means  
60 Sensor group  
70 Actuator group  
200 Ideal processing curve  
230 Survey processing curve

---

[Translation done.]

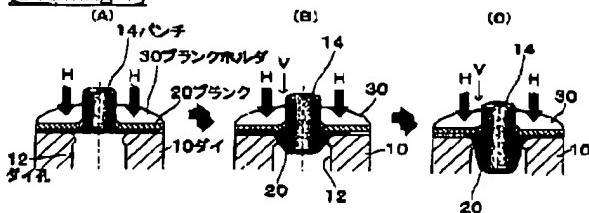
## \* NOTICES \*

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

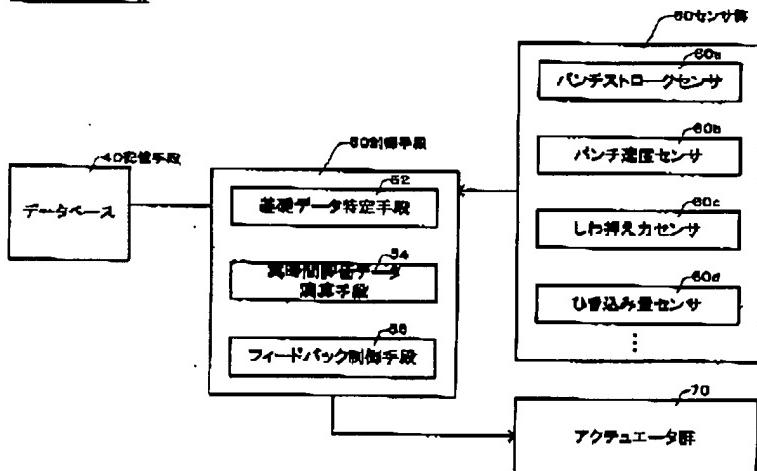
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

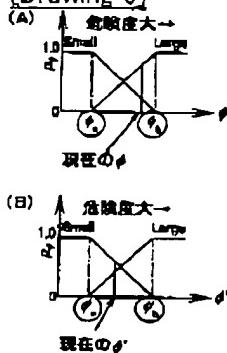
## [Drawing 1]



## [Drawing 2]



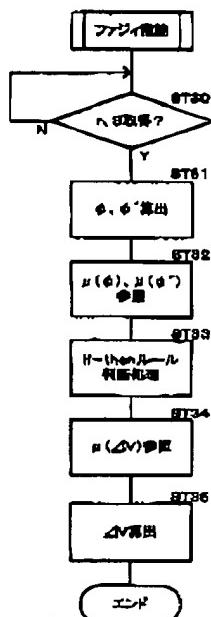
## [Drawing 6]



## [Drawing 11]

JP,2002-263742,A [DRAWINGS]

2/5 ページ

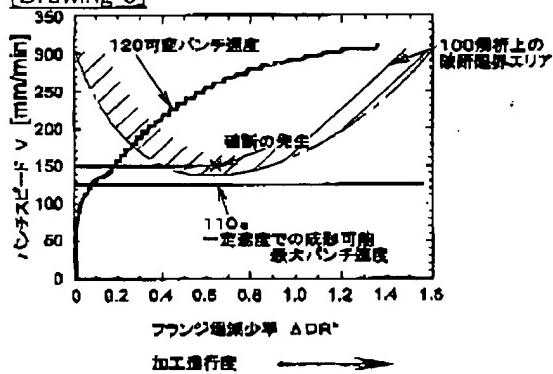


## [Drawing 14]

## 最小板厚ひずみ

Punch speed	$\varepsilon_{min}$
100mm/min	-0.0923
125mm/min	-0.0863
Variable	-0.0804

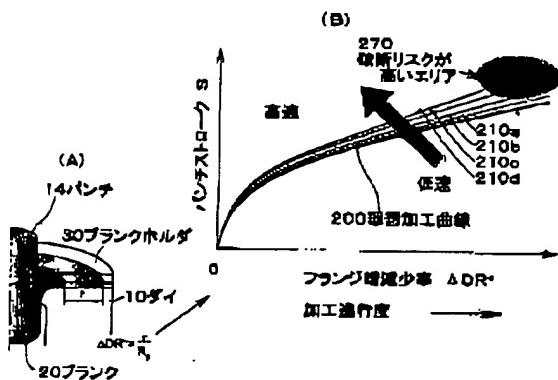
## [Drawing 3]



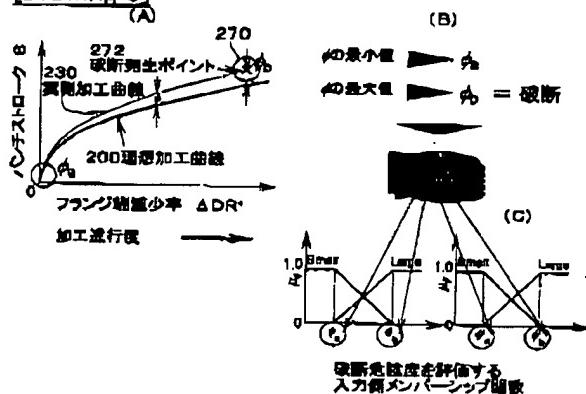
## [Drawing 4]

JP,2002-263742,A [DRAWINGS]

3/5 ページ



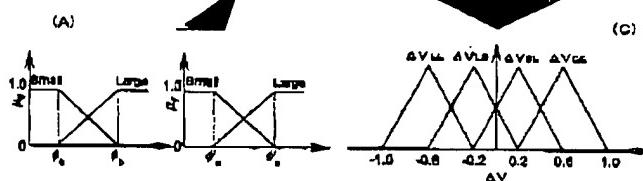
[Drawing 5]



[Drawing 7]

(B) If-then rule of  $\phi$ ,  $\phi'$  and  $\Delta V$ 

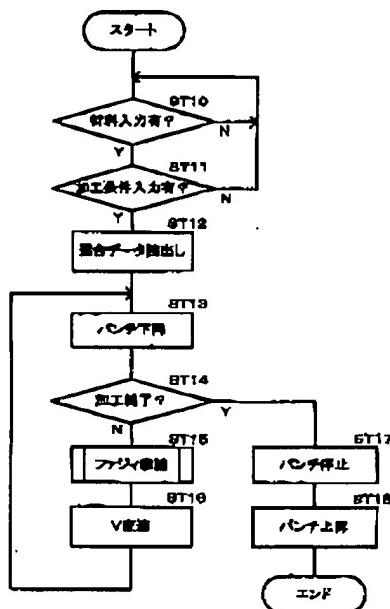
If ( $\phi, \phi'$ )	then ( $\Delta V$ )
$\phi$ is Small and $\phi'$ is Small	$\Delta V = \Delta V_{SS}$
$\phi$ is Small and $\phi'$ is Large	$\Delta V = \Delta V_{SL}$
$\phi$ is Large and $\phi'$ is Small	$\Delta V = \Delta V_{LS}$
$\phi$ is Large and $\phi'$ is Large	$\Delta V = \Delta V_{LL}$



[Drawing 10]

JP,2002-263742,A [DRAWINGS]

4/5 ページ



## [Drawing 8]

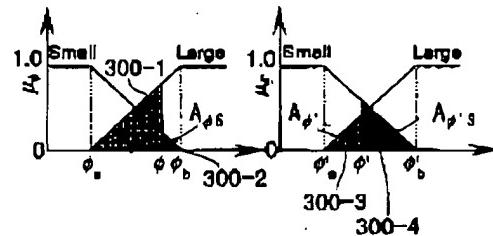
If-then ルールによって関連付けられた入力側のメンバーシップ関数の面積を出力側のメンバーシップ関数に代入。

$$A_{LL} = A_{\phi L} + A_{\phi' L}$$

$$A_{LS} = A_{\phi L} + A_{\phi' S}$$

$$A_{SL} = A_{\phi S} + A_{\phi' L}$$

$$A_{SS} = A_{\phi S} + A_{\phi' S}$$



破断危険度を評価する  
入力側メンバーシップ関数

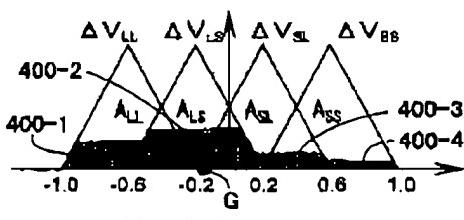
## [Drawing 9]

出力側のメンバーシップ関数を任意の領域に分割し、それぞれの面積、重心を  $a, g$  とすると

$$\Delta V = G = \frac{a_1 g_1 + a_2 g_2 + \dots + a_n g_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} = \frac{\sum a g}{\sum a}$$

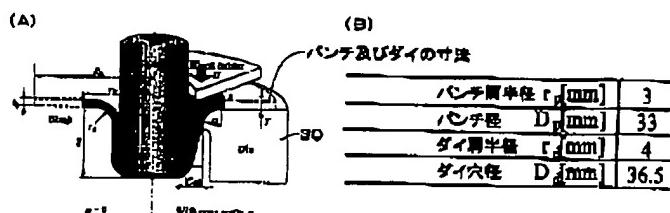
$$(\Sigma a = A_{LL} + A_{LS} + A_{SL} + A_{SS})$$

となり、パンチスピードの変化量  $\Delta V$  が算出される。



制御値決定用  
出力側メンバーシップ関数

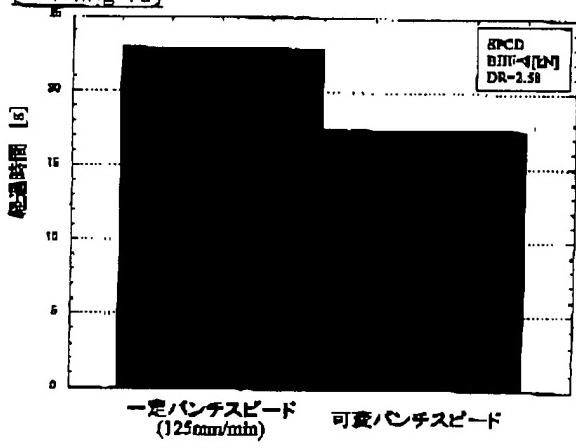
## [Drawing 12]



[Drawing 13]

脆性 応力 $\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	引張り 強さ $\sigma_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	屈断 伸び [%]	強度 係数 $\alpha_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$n$ 値 (加工 硬化 指標)	$m$ 値 (適度 屈服性 指標)	$\tau_c$ (ひすみ速度 屈服性指標)
173	311	61.8	510	0.24	0.02	1.57

[Drawing 15]



可変速度及び一定速度での加工時間の比較

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-263742

(P2002-263742A)

(49)公開日 平成14年9月17日 (2002.9.17)

(51)IntCl.<sup>7</sup>

B 21 D 22/22

B 30 B 15/20

15/26

識別記号

P I

テ-ヤコト(参考)

B 21 D 22/22

4 E 0 8 9

B 30 B 15/20

A

15/26

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全13頁)

(21)出願番号

特願2001-73024(P2001-73024)

(22)出願日

平成13年3月14日 (2001.3.14)

(71)出願人 594074595

真鍋 健一

東京都八王子市南大沢5-11-2-309

(71)出願人 000100861

アイダエンジニアリング株式会社

神奈川県相模原市大山町2番10号

(72)発明者 真鍋 健一

東京都八王子市南大沢5-11-2-309

(72)発明者 吉原 正一郎

東京都多摩市関戸4-32-1-105

(74)代理人 100093218

弁理士 長島 悅夫 (外3名)

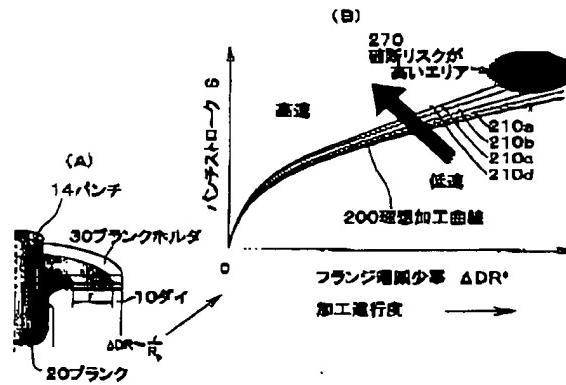
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 深絞り加工用のプレス機械及び方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 良好的な成形品の生産性を高めることができ可能な深絞り加工用のプレス機械を提供する。

【解決手段】 ブランク20の引き込み量rとパンチストロークSとの関連付けを表すように解析を行って求められる理想加工曲線200と、実測により求められるブランクの引き込み量rとパンチストロークとの関連付けを表す実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差δに関連付けられた評価関数と、を含むファジー制御用基礎データをデータベースとして記憶する手段と、実加工時に実測されたブランクの引き込み量rとパンチストロークとの関係を取得するとともに、上記データベースからブランクに適合するファジー制御用基礎データを特定し、理想加工曲線と前記実測データとの偏差δに関連付けた実時間評価データを求め、求めた実時間評価データと特定された基礎データに含まれる評価関数とに基づき、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御する。



(2)

特開2002-263712

2

により行われることを特徴とする深絞り加工用のプレス機械。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかにおいて、前記理想加工曲線は、所定の設定条件に基づいた有限要素解析により求められることを特徴とする深絞り加工用のプレス機械。

【請求項7】 ダイとプランクホルダとにより固定された加工対象物をパンチスピードを可変させて深絞り加工する深絞り加工用のプレス機械において、

10 加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表すように解析を行って求められる理想加工曲線のデータと、実測により求められる加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表す実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差に関連付けされた評価関数から得られる評価関数データと、を含むファジー制御用基礎データを加工対象物の種別及び種別に関連付けられた加工条件の少なくともいずれか一方の項目毎にデータベースとして記憶する手段と、

実加工時に実測された加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関係を取得するとともに、上記データベースから加工対象物の上記項目に適合するファジー制御用基礎データを特定し、特定された基礎データに含まれる理想加工曲線のデータと前記実測データとの偏差に関連付けた実時間評価データを求め、求めた実時間評価データと特定された基礎データに含まれる評価関数データとに基づき、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御する制御手段と、

を含むことを特徴とする深絞り加工用のプレス機械。

【請求項2】 請求項1において、

前記ファジー制御用基礎データは、

加工対象物の種別及び加工条件毎にデータベース化され、

前記制御手段は、

上記データベースから加工対象物の種別及び加工条件に適合するファジー制御用基礎データを特定し、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御を行うことを特徴とする深絞り加工用のプレス機械。

【請求項3】 請求項1、2のいずれかにおいて、前記フィードバック制御が、前記評価関数に基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする深絞り加工用のプレス機械。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかにおいて、

前記評価関数のデータは、

前記実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差を表す第1の評価関数から得られる第1の評価関数データと、

前記第1の評価関数を微分して得られる第2の評価関数から得られる第2の評価関数データとを含み、

前記フィードバック制御が、前記第1及び第2の評価関数データに基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする深絞り加工用のプレス機械。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかにおいて、

前記フィードバック制御が、前記第1及び第2の評価関数データ及びこれらを用いたメンバーシップ関数に基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論

20 加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表すように解析を行って求められる理想加工曲線のデータと、実測により求められる加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表す実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差に関連付けされた評価関数から得られる評価関数データと、を含むファジー制御用基礎データを加工対象物の種別及び種別に関連付けられた加工条件の少なくともいずれか一方の項目毎にデータベースとして記憶しておき、

実加工時に実測された加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関係を取得するとともに、上記データベースから加工対象物の項目に適合するファジー制御用基礎データを特定し、特定された基礎データに含まれる理想加工曲線のデータと前記実測データとの偏差に関連付けた実時間評価データを求め、求めた実時間評価データと特定された基礎データに含まれる評価関数データとに基づき、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御することを特徴とするプレス機械を用いた深絞り加工方法。

【請求項8】 請求項7において、

前記ファジー制御用基礎データは、

加工対象物の種別及び加工条件毎にデータベース化され、

上記データベースから加工対象物の種別及び加工条件に適合するファジー制御用基礎データを特定し、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御を行うことを特徴とする深絞り加工方法。

【請求項9】 請求項7、8のいずれかにおいて、前記フィードバック制御が、前記評価関数に基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする深絞り加工方法。

【請求項10】 請求項7～9のいずれかにおいて、

前記評価関数は、

前記実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差を表す第1の評価関数から得られる第1の評価関数データと、前記第1の評価関数を微分して得られる第2の評価関数から得られる第2の評価関数データとを含み、

前記フィードバック制御が、前記第1及び第2の評価関数データに基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする深絞り加工方法。

(3)

特開2002-263742

3

【請求項11】 請求項7～10のいずれかにおいて、前記フィードバック制御が、前記第1及び第2の評価閾数データ及びこれらを用いたメンバーシップ関数に基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする深絞り加工方法。

【請求項12】 請求項7～11のいずれかにおいて、前記理想加工曲線は、所定の設定条件に基づいた有限要素解析により求められることを特徴とする深絞り加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ダイとプランクホルダとにより固定された加工対象物を深絞り加工する深絞り加工用のプレス機械及び方法に関する。

【0002】

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】 従来より、プレス機械を用いた深絞り加工方法として、加工対象物であるプランク（例えば、板状のアルミ材）を、プレス機械のダイとプランクホルダとで固定し、プランクホルダにしわ押さえ力を与えながらパンチを下降、上昇させることにより、プランクを、例えば、円筒形状に成形する手法が知られている。

【0003】 このような深絞り加工を行う場合、その生産性を高めるためには、プレス機械のパンチスピードを速くする必要があるが、パンチスピードを高めると、加工対象物の破断の発生の可能性が高まり、加工が困難になるという問題が発生する。

【0004】 従って、従来の深絞り加工では、破断が発生することがないことが保証された速度範囲内でプレス加工を行なっていたため、生産性を高める上で限界があった。

【0005】 また、パンチスピードを可変させて、深絞り加工する手法の検討も行われていたが、この種の従来の手法では、破断の発生するリスクが理論上高いと考えられる条件をさけて、パンチスピードを可変制御していくため、スピード制御のための演算が複雑となり、しかも、今ひとつ成形品の生産性を高めることができないという問題があった。

【0006】 本発明は、このような課題に鑑みなされたものであり、その目的は、良好な成形品の生産性を高めることが可能な深絞り加工用のプレス機械及び方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 (1) 前記目的を達成するため、本発明は、ダイとプランクホルダとにより固定された加工対象物をパンチスピードを可変させて深絞り加工する深絞り加工用のプレス機械において、加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表すように解析を行って求められる理想加工曲線のデータと、実測により求められる加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの偏差に

ンチストロークとの関連付けを表す実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差に関連付けられた評価閾数から得られる評価閾数データと、を含むファジー制御用基礎データを加工対象物の種別及び種別に関連付けられた加工条件の少なくともいずれか一方の項目毎にデータベースとして記憶する手段と、実加工時に実測された加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関係を取得するとともに、上記データベースから加工対象物の上記項目に適合するファジー制御用基礎データを特定し、特定された基礎データに含まれる理想加工曲線のデータと前記実測データとの偏差に関連付けた実時間評価データを求め、求めた実時間評価データと特定された基礎データに含まれる評価閾数データに基づき、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御する制御手段と、を含むことを特徴とする。

【0008】 また、本発明の深絞り加工方法は、ダイとプランクホルダとにより固定された加工対象物をパンチスピードを可変させて深絞り加工するプレス機械を用いた深絞り加工方法において、加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表すように解析を行って求められる理想加工曲線のデータと、尖削により求められる加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表す実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差に関連付けられた評価閾数から得られる評価閾数データと、を含むファジー制御用基礎データを加工対象物の種別及び種別に関連付けられた加工条件の少なくともいずれか一方の項目毎にデータベースとして記憶しておき、実加工時に実測された加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関係を取得するとともに、上記データベースから加工対象物の項目に適合するファジー制御用基礎データを特定し、特定された基礎データに含まれる理想加工曲線のデータと前記実測データとの偏差に関連付けた実時間評価データを求め、求めた実時間評価データと特定された基礎データに含まれる評価閾数データに基づき、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御することを特徴とする。

【0009】 さらに、本発明が適用される深絞り加工用のプログラムは、加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表すように解析を行って求められる理想加工曲線のデータと、実測により求められる加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表す実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差に関連付けられた評価閾数から得られる評価閾数データと、を含むファジー制御用基礎データが、加工対象物の種別及び種別に関連付けられた加工条件の少なくともいずれか一方の項目毎に構築されたデータベースのデータに基づき、ダイとプランクホルダとにより固定された加工対象物をパンチスピードを可変させて深絞り加工するようにプレス機械をコンピュータに制御せる、前記コンピュータに読み取り可能なプログラムであって、実加工時に

50

(4)

特開2002-263742

6

5

実測された加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関係を取得するとともに、上記データベースから加工対象物の項目に適合するファジー制御用基礎データを特定し、特定された基礎データに含まれる理想加工曲線のデータと前記実測データとの偏差に関連付けた実時間評価データを求め、求めた実時間評価データと特定された基礎データに含まれる評価閾数データとに基づき、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御する制御手段、を実現する。

【0010】前記プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶することが好ましい。

【0011】ここにおいて、加工対象物は、例えば、材料及びその他の種別条件によりその種別が特定される。

【0012】また、前記加工条件としては、例えば、材料の板厚、大きさ、加工温度、潤滑剤、しわ押さえ力、工具形状及びその他の条件等がある。

【0013】本発明によれば、加工対象物の種別及び種別に関連付けられた加工条件の少なくともいずれか一方の項目毎に、予めファジー制御用基礎データを求め、これをデータベースとして記憶しておく。

【0014】前記ファジー制御用基礎データは、理想加工曲線のデータ及び評価閾数データを含んで構成される。

【0015】ここで理想加工曲線は、例えば、所定の設定条件（例えば、板厚不変、体積一定等）に基づいた有限要素解析により求められるものであり、加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表す。

【0016】また、実測加工曲線は、実測により求められるものであり、加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関連付けを表すものである。例えば、パンチスピードをパラメータとし、パラメータであるスピードを次第に上げながら複数の実測加工曲線を求めていくと、スピードがある上限値となったときに加工対象物の加工が完了する前に加工対象物に破断が発生する。本発明では、このときのスピードをパラメータとして得られた実測加工曲線を、ここでいう実測加工曲線として用いても良い。

【0017】ファジー制御用の評価閾数は、破断に関する評価閾数として用いられるものであり、具体的には、前記実測加工曲線と理想加工曲線との偏差に関連付けられた閾数として求められる。評価閾数データは、例えば、評価閾数の最小値及び最大値として求められる。

【0018】そして、本発明においては、加工対象物を実際に加工する場合に、センサ等を用いて加工対象物の引き込み量とパンチストロークとの関係をリアルタイムで測定し、この測定データを取得する。

【0019】そして、前記データベースから、加工対象物の項目に適合するファジー制御用基礎データを特定し、特定したファジー制御用基礎データと前記実測データとを用いて、パンチスピードをフィードバック制御す

る。

【0020】具体的には、特定された基礎データに含まれる理想加工曲線のデータと、実測されたデータとの偏差に関連付けた実時間評価データをリアルタイムで求めれる。

【0021】そして、求めた実時間評価データと、ファジー制御用基礎データに含まれる前記評価閾数とに基づき、パンチの絞りスピードをフィードバック制御する。

【0022】以上の構成を採用することにより、本発明によれば、加工対象物を深絞り加工する際に、加工対象物を破断させることなくその生産性を高めるようにパンチスピードを最適スピードにフィードバック制御することができ、良好な成形品の生産性を高めた深絞り加工を実現することが可能となる。

【0023】特に、本発明によれば、加工対象物の種別や、種別に関連付けられた上述したパンチの絞りスピードを除く加工条件に合わせた最適スピードに、パンチの絞りスピードをフィードバック制御できるため、作業名の熟練度等に影響されることなく、良好な成形品の生産性を高めることができが可能なプレス機械を用いた深絞り加工を実現することが可能となる。

【0024】(2) また、本発明において、前記ファジー制御用基礎データは、加工対象物の種別及び加工条件毎にデータベース化され、前記制御手段は、上記データベースから加工対象物の種別及び加工条件に適合するファジー制御用基礎データを特定し、上記パンチの絞りスピードをフィードバック制御を行うことを特徴とする。

【0025】このように、加工対象物の種別及び加工条件（パンチの絞りスピードを除く）毎にファジー制御用基礎データをデータベース化しておくことにより、加工対象物の種別が異なった場合でも、またその加工条件が異なった場合でも、最適なファジー制御基礎データを選択し、当該種別及び加工条件に合わせた最適スピードに、パンチの絞りスピードをフィードバック制御することができる。

【0026】特に、本発明によれば、多品種、少量生産を行う場合に、これらの製品をその品質を損なうことなく効率よく生産することができる。

【0027】(3) また、本発明において、前記フィードバック制御が、前記評価閾数データに基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする。

【0028】このようなファジー推論により行われるフィードバック制御の手法としては、必要に応じて各種の手法を採用することができる。

【0029】例えば、このような手法の1つとして、前記評価閾数データは、前記実測加工曲線と前記理想加工曲線との偏差を表す第1の評価閾数から得られる第1の評価閾数データと、前記第1の評価閾数を微分して得られる第2の評価閾数から得られる第2の評価閾数データ

50

(5)

特開2002-263742

7

とを含み、前記フィードバック制御が、前記第1及び第2の評価関数データに基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われることを特徴とする手法を採用してもよい。ここで第1、第2の評価関数データとして、例えば、第1、第2の評価関数の最小値、最大値を用いても良い。

【0030】また、前記フィードバック制御が、前記第1及び第2の評価関数データ及びこれらを用いたメンバーシップ関数に基づいて作成されたファジー推論規則に従ってファジー推論により行われるという手法を採用してもよい。

【0031】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0032】(1) プレス機械の概略

図1には、本実施の形態に係る深絞り加工用のプレス機械の概略が示されている。本実施の形態のプレス機械は、板状に形成された加工対象物であるプランク20を用い、底付きの容器を形成するものであり、具体的には、所定のダイ孔12を有するダイ10と、パンチ14とを含んで構成される。

【0033】そして、前記プランク20は、プランクホルダ30によりダイ10上に所望のしわ押さえ力Hで保持固定される。

【0034】この状態で、図1(A)、(B)、(C)に示すように、パンチ14を所与の絞りスピードVで下降することにより、プランク20をダイ孔12の形状に沿ってカップ形状に深絞り加工し、カップ形状をした成形品を生成する。

【0035】このとき、パンチ14の絞りスピードVが低いと、成形品の生産効率が低くなる。このため、加工途中でプランク20に破断が発生しない範囲内で、パンチ14の絞りスピードVをできるだけ高く設定することが好ましい。

【0036】本実施の形態の特徴は、プランク20の実際の加工時に、プランク20の引き込み量r及びパンチストロークSをリアルタイム測定し、この測定値に基づきファジー推論の手法を用いて、パンチ14の絞りスピードVをフィードバック制御することにある。

【0037】特に、本実施の形態では、予めプランク20の種類及び加工条件毎に、ファジー制御用基礎データを作成してこれをデータベース化して記憶しておき、実際に加工するプランク20の種類及び加工条件に合わせて最適なファジー制御用基礎データを読み出し、これを利用してプランク20に破断を発生させることなく効率良く深絞り加工を実現するように、パンチの絞りスピードVをフィードバック制御することによる。

【0038】図3には、本実施の形態に係るプレス機械の速度制御特性と、従来の手法を用いたプレス機械の速度制御特性の比較例が示されている。

8

【0039】同図において、横軸は、プランク20の絞り加工の進行の程度を引き込み量rの関数として表したものであり、具体的には、図4(A)に示すように、絞り加工開始からのプランク20の引き込み量rと、パンチ14の半径R\_pとの比を $\Delta DR^* = r/R_p$ と定義し、その値を記載している。

【0040】縦軸は、 $\Delta DR^*$ に対応するパンチ14の絞り加工スピードVを表す。

【0041】図中、100で示す一点鎖線で囲まれた領域は、プランク20に対する絞り加工時に、プランク20に対し破断が発生する危険性の高いエリアを表すものであり、これを解析上の破断限界エリアという。

【0042】従来の、パンチ絞りスピードVを一定とする手法では、この解析上の破断限界エリア100を避けるようにパンチスピードVを、図中110aで示すように設定する。すなわち、この限界エリア100を避けた上限値にパンチスピードVを設定し、加工物の生産効率を上げるように配慮している。

【0043】パンチスピードVを、この上限値110a以上の値、例えば、図中110bで示すような値に設定すると、絞り加工時の途中の図中X印で示す個所において、加工中のプランク20に破断が発生してしまう。

【0044】これに対し、本実施の形態のファジー推論の手法を用いたパンチスピードのフィードバック制御を行うと、同一のプランク20に対し同一の加工条件の元において、パンチの絞りスピードVを図中120で示すように可変制御することができ、しかもこのようにパンチスピードVが解析上の破断限界エリア100内の値を取った場合でも、プランク20を実際に破断させることなく良好に絞り加工成形可能であることが確認された。

【0045】このように、本実施形態の手法によれば、従来、プランク20の絞り加工中における破断を避けるために避けざるを得なかった分析上の破断限界エリア100内においても、パンチスピードVを後述するファジー推論の手法を用いてフィードバック可変制御することにより、破断を発生させることなく、プランク20を効率良くかつ良好に生産可能であることが確認され、従って、本実施の形態によれば、プレス加工品の品質を維持したままその生産効率を高めることが可能となる。

【0046】特に、本実施の形態の手法では、プレス加工品の多品種少量生産を行う場合でも、使用するプランク20の種別及び加工条件に適合したファジー制御用基礎データを用いることにより、この多品種少量生産を品質を維持しつつ高い生産効率で実現可能である。

【0047】(2) 本実施の形態のファジー制御のための原理

以下に、本実施の形態のファジー制御のための原理を説明する。

【0048】まず加工対象物であるプランク20の種別及び加工条件を変えながら、加工対象物の種別及び加工

(6)

特開2002-263742

9

条件毎にファジー制御用基礎データを求め、これをデータベース化する手法について説明し、次にこのデータベースを用い、実際に加工対象物を加工成形する手法について説明する。

【0049】(データベースの構築) 加工対象物であるプランク20の種別毎に、当該プランク20をその加工条件で絞り加工制御し、このとき得られるデータ及び有限要素解析の手法を用いてファジー制御用基礎データを生成する。このようなファジー制御用基礎データの生成を、プランク20の種別及び加工条件を変えて繰り返して行い、これをデータベース化する。

#### 【0050】第1段階

まず、対象となる種別のプランク20に対して、その板厚、体積を一定と仮定する。そして、深絞り加工時のプランク20のフランジ端からの流入半径rに対するパラメータ $\Delta DR^*$ 及びパンチストロークSを変数として、有限要素解析(FEN)の手法を用い、図5(A)に示す理想加工曲線200を求める。

【0051】ここで、 $\Delta DR^*$ は、図4(A)に示すように、プランク20のフランジ端からの流入量(引き込み量)rを、パンチ11の半径R<sub>t</sub>で無次元化したパラメータである。

#### 【0052】第2段階

次に、図4(B)に示すように、プランク20を一定のパンチスピードVで実際にプレス絞り加工し、このときの $\Delta DR^*$ とパンチストロークSとの関連付けを表す実測加工曲線210を求める。この実測加工曲線210は、パンチスピードVを一定にして深絞り加工した際の、 $\Delta DR^*$ とパンチストロークSとの関係を表す実測データである。この実測加工曲線210は、スピードVをパラメータとして複数求める。

【0053】パンチスピードVを高くすればするほど、実測加工曲線は210a、210b、210c、210dで表すように、理想加工曲線200から離れていく。【0054】図4(B)において、270は、プランク20の絞り加工時に、プランク20に破断の発生するリスクが高いエリアを表す。従って、パンチスピードVをパラメータとして、このパラメータである速度Vを次第に上げて実測加工曲線210を求めていくと、絞り加工速度Vがある上限値となった時点で、加工成形が完了する前にプランク20に破断が発生する。このときの速度Vをパラメータとして得られた実測加工曲線210を、図5(Δ)に示すように、第1の評価関数φを求めるための実測加工曲線230として用いる。

#### 【0055】第3段階

図5(A)に示すように、前記第1段階で求めた理想加工曲線200と、第2段階で求めた実測加工曲線230との偏差φを、破断の危険度を示す第1の評価関数φとして求める。

#### 【0056】そして、この評価関数φの最小値をφ<sub>a</sub>と

10

して求め、実測加工曲線230に従ってパンチストロークSを大きくしてみたときに、プランク20に破断が発生する破断発生ポイント272の位置における評価関数φを、φ<sub>b</sub>として求める。

【0057】本実施の形態において、この第1の評価関数φから得られるφ<sub>a</sub>、φ<sub>b</sub>を第1の評価関数データと定義する。

【0058】そして、このようにして求めた第1の評価関数データφ<sub>a</sub>、φ<sub>b</sub>に基づき、図5(C)、図6

(A)に示す破断危険度を評価するための入力側メンバーシップ関数μ<sub>a</sub>を生成し、このメンバーシップ関数μ<sub>a</sub>を用いて後述する破断の評価を行う。

#### 【0059】第4段階

さらに、評価の信頼性を向上させるために、前述した第3段階で求めた第1の評価関数φ<sub>a</sub>の微分値φ<sub>a'</sub>を第2の評価関数として求め、さらにその微分値φ<sub>a'</sub>の最小値φ<sub>a'</sub><sub>a</sub>及び最大値φ<sub>a'</sub><sub>b</sub>を求め、これらを第2の評価関数データと定義する。

【0060】そして、このようにして求めた第2の評価関数データφ<sub>a'</sub><sub>a</sub>、φ<sub>a'</sub><sub>b</sub>に基づき、図5(C)、図6

(B)に示す破断危険度を評価するための入力側メンバーシップ関数μ<sub>a'</sub>を生成し、これを用いて破断の評価を行う。

【0061】評価関数φ<sub>a</sub>が大きくなるほどこの危険度が増加し、φ<sub>b</sub>と一致するときが、危険度最大となる。逆にφ<sub>a</sub>と一致する場合は、危険度が最小となる。

【0062】また、φ<sub>a</sub>の微分成分φ<sub>a'</sub>は、加工中のパンチスピードが破断危険度の高い方向(φ<sub>b</sub>方向)あるいは低い方向(φ<sub>a</sub>方向)のいずれの方向に変化しているかを表しており、φ<sub>a'</sub>がφ<sub>b</sub>と一致するときは危険度最大となり、φ<sub>a'</sub>と一致するときが危険度最小となる。

【0063】これら図6(A)(または図5(C))に示すメンバーシップ関数と、図6(B)(または図5(C))に示すメンバーシップ関数を組み合わせた評価を行うことにより、本実施の形態では、実加工時におけるプランク20の破断の危険度をより正確に評価することができる。

【0064】なお、理解を容易なものとするため、図5(C)、図6及び図7(A)、図8にそれぞれメンバーシップ関数を図示するが、これらの内容は基本的に同一である。

#### 【0065】第5段階

以上のように、第1～第4段階で求めた理想加工曲線200、第1の評価関数φ<sub>a</sub>、その最小値φ<sub>a'</sub><sub>a</sub>及び最大値φ<sub>a'</sub><sub>b</sub>を表す第1の評価関数データ、第2の評価関数φ<sub>a'</sub>、その最小値φ<sub>a'</sub><sub>a</sub>及び最大値φ<sub>a'</sub><sub>b</sub>を表す第2の評価関数データ、これら第1及び第2の評価関数データからそれぞれのメンバーシップ関数μ<sub>a</sub>、μ<sub>a'</sub>を生成するためのデータを、ファジー制御用基礎データとして、プラ

(7)

特開2002-263742

11

ンク20の種別及び加工条件に関連付けてデータベース化して図2に示す記憶手段40へ記憶する。

【0066】以上のように、第1～第5の段階の処理を繰り返して行い、各種材料のブランク20毎に、その加工条件を変えて、ファジー制御用基礎データを求め、このようにして求めたデータに基づき構築したデータベースを記憶手段40に予め記憶する。

【0067】(ファジー推論規則) 次に、前述したように求めたブランク20の種別及び加工条件毎に対応付けられたファジー制御用基礎データを用い、実際の加工時に、パンチ14の絞りスピードVをフィードバックするためのファジー推論規則について説明する。

#### 【0068】第1段階

記憶手段40に記憶されたデータベースから、実際に加工するブランク20の種別及び加工条件に対応付けられたファジー制御用基礎データを読み出し、図7(A) (図6(A)、(B))に示す第1の評価関数に基づくメンバーシップ関数 $\mu_\phi$ と、第2の評価関数に基づく入力側メンバーシップ関数 $\mu_{\phi'}$ を用意する。

#### 【0069】第2段階

ブランク20を、その加工条件に従って図1に示すように実際に絞り加工する際に、図4(A)に示すパンチストロークS及びブランク20の引き込み量rをリアルタイム測定する。

【0070】そして、引き込み量rと、パンチ14の半径R<sub>r</sub>から $\Delta D'R^r = r/R_r$ を演算し、この演算値 $\Delta D'R^r$ に対応付けられた理想加工曲線200上におけるパンチストロークSと、実測により得られたパンチストロークSとの偏差 $\phi$ を第1の実時間評価データとして求める。

【0071】さらに、この第1の実時間評価データ $\phi$ の微分値 $\phi'$ を第2の実時間評価データとして求める。

#### 【0072】第3段階

図7(B)には、このようにして求めた実時間評価データ $\phi$ 、 $\phi'$ から、パンチ絞りスピードVの変化量 $\Delta V$ を推定する、*if-then*ルールが示されている。

【0073】図7(B)において、左側の*if* ( $\phi$ 、 $\phi'$ )は、このファジー推論規則の入力条件を表し、右側の*then* ( $\Delta V$ )はその出力を表しており、その値は、具体的には図7(C)の出力制御用メンバーシップ関数の出力に反映される。

【0074】例えば、実測により求められた第1、第2の実時間評価データが図8に示すような $\phi$ 、 $\phi'$ である場合を想定する。この場合、図7(B)に示す*if-then*ルールの入力側メンバーシップ関数の面積を求める。具体的には、図8に示すように、実時間評価データ $\phi$ 、 $\phi'$ によって特定される入力側メンバーシップ関数 $\mu_\phi$ 、 $\mu_{\phi'}$ の300-1、300-2、300-3、300-4の三角形の面積を $A_{\phi 1}$ 、 $A_{\phi 2}$ 、 $A_{\phi 3}$ 、 $A_{\phi 4}$ として求める。

(12)

【0075】第4段階

次に、前述したように求めた各三角形の面積である各部分ファジー集合( $A_{\phi 1}$ 、 $A_{\phi 2}$ 、 $A_{\phi 3}$ 、 $A_{\phi 4}$ )の面積を算出し、*if-then*ルールに従って、図9に示すように、出力値決定用メンバーシップ関数に代入する。

【0076】すなわち、図8に示す入力側メンバーシップ関数の面積を図9に示す出力側メンバーシップ関数に代入する。図9において、出力値決定用メンバーシップ関数の $\Delta V_{LL}$ 、 $\Delta V_{LS}$ 、 $\Delta V_{SL}$ 、 $\Delta V_{SS}$ の代入エリアは、400-1、400-2、400-3、400-4で示す領域となる。

【0077】これら各領域400-1、400-2、400-3、400-4の面積は、 $A_{LL}$ 、 $A_{LS}$ 、 $A_{SL}$ 、 $A_{SS}$ である。

【0078】具体的には、以下の式で表される。

$$A_{LL} = A_{\phi 1} + A_{\phi 2}$$

$$A_{LS} = A_{\phi 3} + A_{\phi 4}$$

$$A_{SL} = A_{\phi 1} + A_{\phi 4}$$

$$A_{SS} = A_{\phi 2} + A_{\phi 3}$$

【0079】次に、出力値決定用メンバーシップ関数に代入された部分ファジー集合(エリア400-1～400-4の面積)から重心法によりパンチスピードの制御値 $\Delta V$ を求める。

【0080】本実施の形態では、図9に示す出力値決定用メンバーシップ関数の各エリア400-1～400-4の面積 $a$ 、重心 $g$ を求め、次式に基づきこのエリア400の重心位置をフィードバック制御される速度Vの可変量 $\Delta V$ として演算により求める。

$$30 \quad [0081] \Delta V = \sum a_n g_n / \sum a_n$$

$$(\sum a_n = A_{LL} \cup A_{LS} \cup A_{SL} \cup A_{SS})$$

【0082】なお、 $a_n$ は出力値決定用メンバーシップ関数の部分ファジー集合を任意に分割した領域の面積、 $g_n$ はその領域の重心を示す。

#### 【0083】第5段階

このようにして求めた $\Delta V$ は、ブランク20を実際に深絞り加工しているときに、破断を引き起こすことのない最適なパンチ絞りスピードVを得るための変化量を表す。

【0084】従って、このようにしてリアルタイムでファジー推論された変化量 $\Delta V$ 分だけ、パンチ14の絞り速度をフィードバック制御することにより、図3において120で示すように、破断を発生させることなく最適なスピードで効率良く深絞り加工ができる。

【0085】特に、従来のパンチスピードの定速制御では使用できなかった解析上の破断限界エリア100内においても、本実施の形態によれば、破断を発生させることなくブランク20の深絞り加工を行うことが可能となる。

【0086】これは、前述した図6(A)、(B)に示

すように、実際の加工中に破断の危険度を表す実時間評価データとしての $\phi$ のみならず、この微分値 $\dot{\phi}$ を用いて入力側メンバーシップ関数を生成し、破断の危険度の動向をも推定して、パンチスピードのフィードバック量 $\Delta V$ を決定する手法を採用することに起因する。これにより、パンチスピードVを固定値に設定した場合にはなし得なかった解析上の破断限界エリア100内におけるパンチスピードを実現でき、従来に増して、絞り加工の生産性を高めることができる。

【0087】(3) プレス機械の要部の構成ブロック図図2には、前述した原理を用い、パンチの絞りスピードVをフィードバック制御するための構成の機能ブロック図が示されている。

【0088】本実施の形態のプレス機械は、各種部分における計測を行うセンサ群60と、各種部分を駆動するアクチュエータ群70と、制御手段50と、記憶手段40とを含んで構成される。

【0089】前記センサ群60は、パンチストロークセンサ60a、パンチ速度センサ60b、しわ押さえ力センサ60c、引き込み量センサ60d及びその他のセンサを含んで構成される。

【0090】パンチストロークセンサ60aは、図1(A)に示すように、パンチ14の初期位置からの移動量であるストロークSを検出し、パンチ速度センサ60bは、パンチ14の下降及び上昇速度、特に実加工におけるパンチの絞りスピードVを測定するように構成されている。

【0091】しわ押さえ力センサ60cは、プランクホルダ30がダイ10との間ににおいてプランク20を保持するしわ押さえ力Hを測定し、引き込み量センサ60dは、図1(A)～(C)に示す一連の絞り加工工程において、図1(A)に示す加工前の状態の初期位置からパンチ14の絞り加工によりプランク20がどの程度の距離だけ引き込まれたかの引き込み量rを測定する。具体的には、図1(A)に示すように、加工前の状態からの引き込み量rをリアルタイム測定する。

【0092】アクチュエータ群70は、プレス機械各部を駆動する複数のアクチュエータを含んで構成され、具体的には、プランクホルダ30によるしわ押さえ力Hの発生や、パンチ14の上昇、下降及びこれに伴う速度制御及びその他各種の駆動を行うように構成されている。

【0093】記憶手段40には、前述したように、加工対象物であるプランク20の種別及び加工条件毎に作成されたファジー制御用基礎データがデータベース化して記憶されている。

【0094】制御手段50は、実際のプランク20の絞り加工時に、当該プランク20の種別及び加工条件に適合するファジー制御用基礎データを記憶手段40に記憶されたデータベースから読み出し、この読み出したファジー制御用基礎データと、前記センサ60a、60dに

よりリアルタイム測定されるパンチストロークS及びプランク20の引き込み量rとに基づき、パンチ14の絞りスピードVを前述したファジー推論の手法に従ってフィードバック制御する。

【0095】このため、本実施の形態の制御手段50は、基礎データ特定手段52と、実時間評価データ演算手段54と、フィードバック制御手段56として機能するよう構成されている。

【0096】図10には、本実施の形態の絞り加工装置の動作フローチャートが示されている。

【0097】本実施の形態のプレス機械を用いて、図1に示すように、プランク20を絞り加工する場合には、まず、オペレータが、加工に先立って加工対象物となるプランク20の種別（例えば、材料）を指定するとともに(ST10)、当該プランク20の加工条件を指定する(ST11)。

【0098】このような種別及び加工条件の入力は、例えば、ディスプレイ上に選択画面として表示し、オペレータはこれを適宜画面上において選択して行うように構成してもよい。

【0099】プランク20の種別及び加工条件が入力されると、制御手段50は基礎データ特定手段52として機能し、これら種別及び加工条件に適合したファジー制御用基礎データを記憶手段40のデータベースから読み出す(ST12)。

【0100】このような一連の処理が終了すると、制御手段50は、パンチ14の絞り加工用の移動を開始させ(ST13)、ファジー推論処理を行い(ST15)、パンチ14の絞りスピードVをフィードバック制御する(ST16)という一連の処理を、ST14で加工終了と判断するまで繰り返して行う。

【0101】そして、加工終了と判断した場合には、パンチ14を停止し(ST17)、その後、パンチを上昇退避させ(ST18)、所定の基準位置に戻った時点で一連の絞り加工を終了する。

【0102】ここにおいて、前記ST13、ST16、ST17等の一連の処理は、制御手段50が、フィードバック制御手段56として機能し、アクチュエータ群70を駆動することにより行う。

【0103】図11は、前述したST15のファジー推論の詳細を表す。

【0104】この一連の処理は、制御手段50が、実時間評価データ演算手段54及びフィードバック制御手段56として機能することにより行われる。

【0105】まず、センサ60a、60dからパンチストロークS及びプランク20の引き込み量rのリアルタイム測定値を取得し(ST30)、理想加工曲線200と実測データとの偏差から第1、第2の実時間評価データ $\phi$ 、 $\dot{\phi}$ を算出する(ST31)。そして、実時間評価データ $\phi$ 、 $\dot{\phi}$ を入力側のメンバーシップ関数 $\mu_{\phi}$ 、

(9)

特開2002-263742

15

$\mu \phi$  の入力値として用い、入力側メンバーシップ関数の部分ファジー集合の面積  $A_{\text{a}1}$ 、 $A_{\text{a}2}$ 、 $A_{\text{a}3}$ 、 $A_{\text{a}4}$  を求める (ST 32)。

【0106】そして、図7 (B) に示す if-then ルールに基づく判断処理を行い (ST 33)、この判断ルールに従って前述した入力側メンバーシップ関数の各部分ファジー集合の面積 ( $A_{\text{a}1}$ 、 $A_{\text{a}2}$ 、 $A_{\text{a}3}$ 、 $A_{\text{a}4}$ ) を、図9に示すように、出力側メンバーシップ関数に代入する処理を行う (ST 34)。

【0107】そして、図9に示す出力値決定用メンバーシップ関数の代入面積 100 の重心位置 G を特定し、この重心位置 G と基準位置との偏差  $\Delta V$  をパンチスピードの変化量  $\Delta V$  として求める (ST 35)。

【0108】図10に示す ST 16 では、パンチの絞りスピード V をこのようにして求めた変化量  $\Delta V$  だけ変化させるように、フィードバック制御を行う。

(本実施の形態の検証)

【0109】次に、本実施の形態を適用して深絞り加工を行った場合における、その成果の検証実験を行った。以下にその詳細を説明する。

【0110】図12 (A) には、この実験に用いた加工装置の概略が示されており、同図 (B) には実験に使用した装置の寸法データが示されている。

【0111】ここでは、プランク 20 として、0.7 mm の板厚の冷間圧延鋼板を用いた。

【0112】図13には、この鋼板の機械的特性が示されている。

【0113】プランク 20 の大きさを表す絞り比は、2.58とした。潤滑剤は速度の影響を受けにくいスプレータイプの乾式フッ素潤滑剤を適用した。

【0114】図3は、このような実験条件のもとにおいて、本実施の形態のファジー制御の手法を用いてパンチ絞りスピード V をフィードバック制御した場合の実測データを表す。図中 120 がこのときの実測データである。

【0115】フィードバック制御されるパンチスピード V は、加工開始時の速度が低く、加工初期において、速度が急激に 130 mm/min まで増加して、加工中期から後期にかけて一定速度で破断した条件 150 mm/min を越え、およそ 330 mm/min まで増加し、絞り加工は成功した。

【0116】図14には、実験により形成された深絞り容器のパンチ型部における最小板厚の歪みが示されている。この実験結果からもわかるように、パンチ絞りスピードを 150 mm/min、125 mm/min の一定値として深絞り加工した場合の測定値に比べ、本実施の形態のように、パンチ絞りスピードをフィードバック制御により可変速制御した場合、その歪みが大幅に小さくなるように改善されていることが確認された。

【0117】図15には、パンチ絞りスピード V を 12

(10)

16

5 mm/min の一定速度で深絞り加工した場合の加工時間と、本実施の形態のように、ファジー推論の手法を用いてフィードバック制御し可変速制御した場合の加工時間との対比が示されている。同図から、本実施の形態の可変速制御のほうが、一定速度の加工時間で深絞り加工した場合に比べ、その加工時間が大幅に短縮されたことが確認された。本実験では、具体的には 22% 加工時間を短縮できたことが確認された。

【0118】以上のように、本実施の形態のシステムを用いて、深絞り加工時におけるパンチの加工速度をファジー適応制御することにより、製品精度を高めかつ加工時間の短縮が図れることが確認された。

【0119】なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で各種の変形実施が可能である。

【0120】例えば、プランクに対するプランクホルダのしわ押さえ力を加工条件の 1 つに加えて、このしわ押さえ力を変化させた場合におけるファジー制御用基礎データを予め複数用意し、これをデータベース化して記憶手段に記憶するように構成してもよい。

【0121】これにより、同一のプランクに対し、しわ押さえ力を変化させながらパンチの絞りスピードを可変速制御する場合でも、その値をより最適な値にフィードバック制御することが可能となる。

【0122】また、前記実施の形態では、制御手段をハードウエアとして形成した場合を例にとり説明したが、本発明はこれに限らず、制御手段として、汎用のコンピュータを用い、このコンピュータを前記制御手段として機能させるためのプログラム、具体的には基礎データ特定手段、実時間評価データ演算手段、フィードバック制御手段等の手段として機能させるためのプログラムを記憶媒体に記憶しておき、このプログラムに基づきコンピュータを制御手段として機能させるように構成してもよい。

【0123】この場合、記憶手段に記憶されたデータベースは、プログラムと同一の記憶手段に格納するように形成してもよく、またそれ以外なる記憶手段に格納するように形成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】同図 (A) ~ (C) は、一連の深絞り加工を行うプレス加工機械の要部の概略動作説明図である。

【図2】本実施の形態のプレス機械におけるパンチ絞りスピードの制御機構の機能ブロック図である。

【図3】フランジ端減少率とパンチスピードとの関係を示す説明図である。

【図4】同図 (A) は、深絞り加工時におけるプランクの引き込み量の説明図であり、同図 (B) は、フランジ端減少率とパンチストロークとの関係の説明図である。

【図5】同図 (A) は、理想曲線と実測加工曲線との関係を示す説明図であり、同図 (B) は、評価関数の最大

(10)

特開2002-263742

17

値及び最小値の説明図である。

【図6】入力側メンバーシップ関数の説明図である。

【図7】同図(A)は、入力側メンバーシップ関数の説明図であり、同図(B)は、ファジー推論の  $i_f - t_h$  ルールの説明図であり、同図(C)は、出力側メンバーシップ関数の説明図である。

【図8】実評価データを入力した際ににおける破断危険度を評価する入力側メンバーシップ関数の説明図である。

【図9】入力側メンバーシップ関数の面積を代入した、破断危険度を評価する出力側メンバーシップ関数の説明図である。

【図10】本実施の形態のプレス装置の動作の一例を示すフローチャート図である。

【図11】本実施の形態のファジー推論の動作フローチャート図である。

【図12】実験に用いるプレス機械及びその寸法の説明図である。

\* 【図13】実験に用いるプランクの材料特性値の説明図である。

【図14】深絞り加工時における最小板厚歪みの実測値の説明図である。

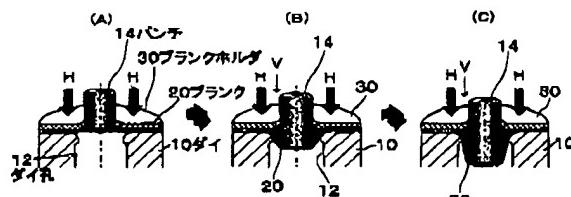
【図15】パンチスピードを可変速度制御した場合と一定速度で制御した場合の加工時間の比較説明図である。

## 【符号の説明】

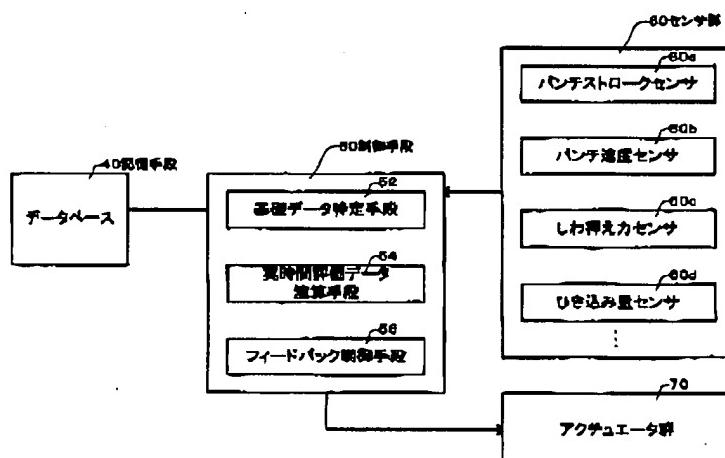
- 10 ダイ
- 14 パンチ
- 20 プランク
- 30 プランクホルダ
- 40 記憶手段
- 50 制御手段
- 60 センサ群
- 70 アクチュエータ群
- 200 理想加工曲線
- 230 実測加工曲線

\*

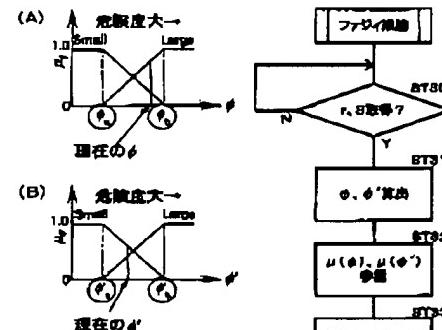
【図1】



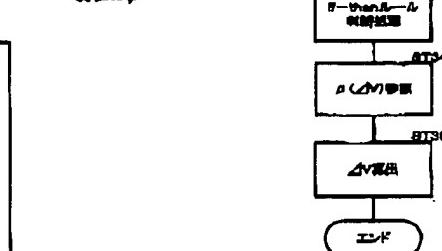
【図2】



【図6】



【図11】



【図14】

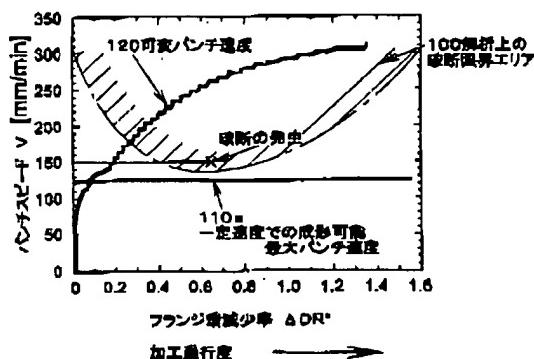
## 最小板厚ひずみ

Punch speed	$E_{mb}$
100mm/min	-0.0923
125mm/min	-0.0963
Variable	-0.0804

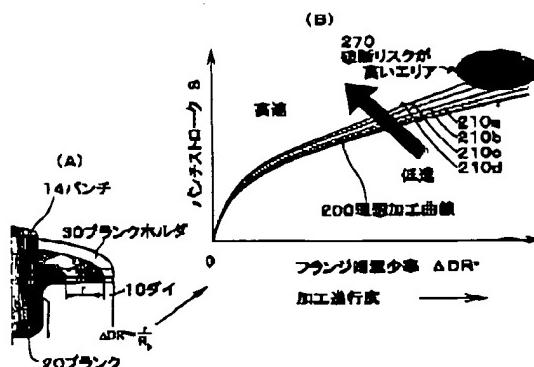
(11)

特開2002-263742

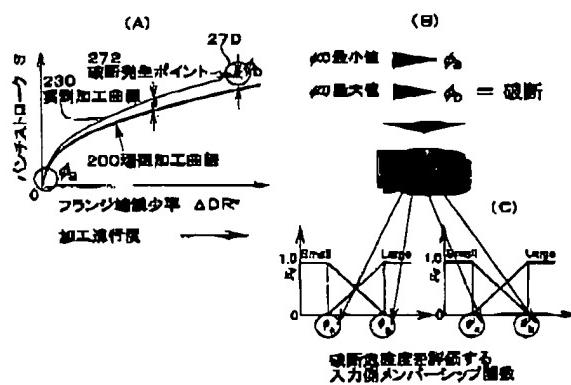
【図3】



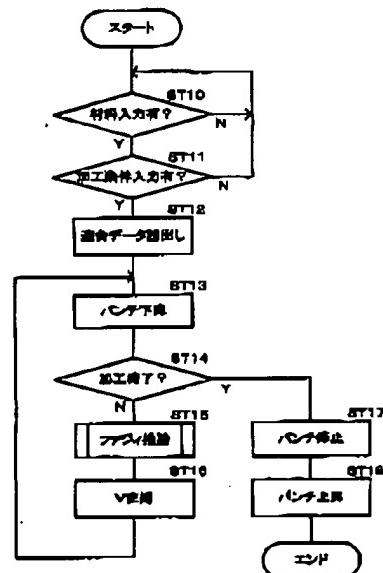
【図4】



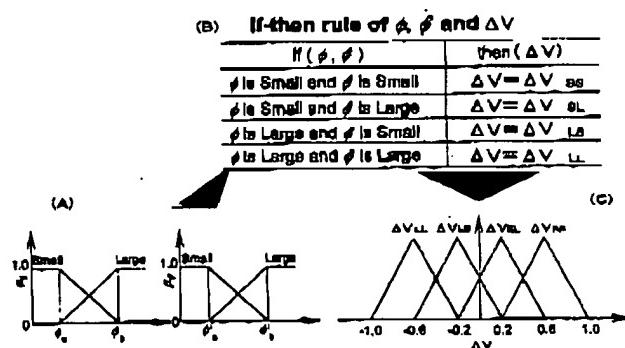
【図5】



【図10】



【図7】



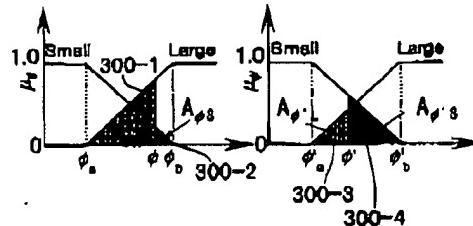
(12)

特開2002-263742

【図8】

If-then ルールによって関連付けられた入力側のメンバーシップ関数の面積を出力側のメンバーシップ関数に代入。

$$\begin{aligned} A_{LL} &= A_{\phi L} + A_{\phi' L} \\ A_{LS} &= A_{\phi L} + A_{\phi' S} \\ A_{SL} &= A_{\phi S} + A_{\phi' L} \\ A_{SS} &= A_{\phi S} + A_{\phi' S} \end{aligned}$$



破断危険度を評価する  
入力側メンバーシップ関数

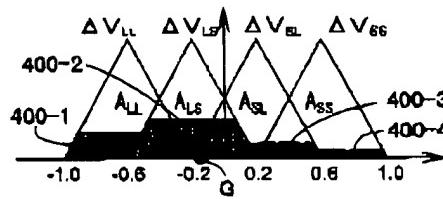
【図9】

出力側のメンバーシップ関数を任意の領域に分割し、それぞれの面積、重心を  $a, g$  とすると

$$\Delta V = G = \frac{a_1 g_1 + a_2 g_2 + \dots + a_n g_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} = \frac{\sum a_i g_i}{\sum a_i}$$

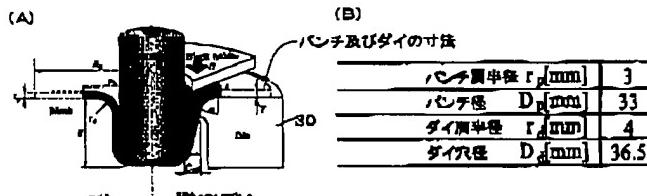
$$(G = A_{LL} \cup A_{LS} \cup A_{SL} \cup A_{SS})$$

となり、パンチスピードの変化量  $\Delta V$  が算出される。



制御値決定用  
出力側メンバーシップ関数

【図12】



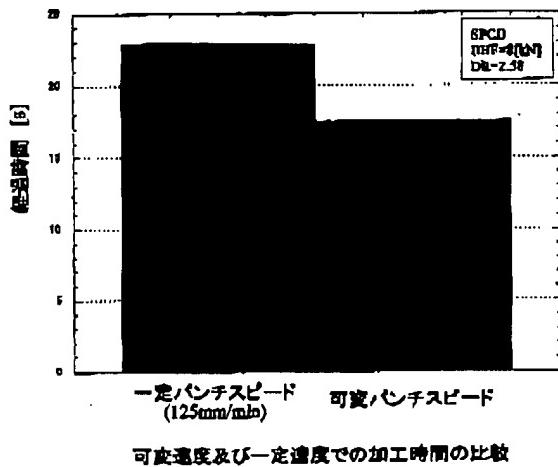
【図13】

荷重 応力 $\sigma$ [ $N/mm^2$ ]	引張り 強さ $\sigma_u$ [ $N/mm^2$ ]	破断 伸び $\delta$ [%]	強度 係数 $\alpha$ [ $N/mm^2$ ]	$n$ 値 (加工 硬化 指標)	$m$ 値 GRC 屈強性 指標	$r$ 値 (ひずみ強度 感受性指標)
173	311	51.3	510	0.24	0.02	1.57

(13)

特開2002-263742

【図15】



## フロントページの続き

(72)発明者 小山 寛  
東京都多摩市閔戸 4-32-3

F ターム(参考) 4E089 EA01 EB02 EC01 EE01 FA09  
FB06 FC05